



---

---

## DIAGNÓSTICO DE RISCO EROSIVO NA BACIA DO RIO DO LEÃO<sup>1</sup> AMAZÔNIA CENTRAL

ADORÉA REBELLO ALBUQUERQUE

Universidade Federal do Amazonas<sup>2</sup>

dorearebelo@ufam.edu.br

**Palavras-chave:** *erosão, risco, bacia hidrográfica*

**Eixo Temático:** Análise e Diagnóstico de Processos Erosivos

### Introdução

O solo não é um elemento inerte na paisagem, pode sofrer constantes alterações. Estas alterações ocorrem por processos naturais tidos como processos pedogenéticos, ou por processos não naturais, tidos como fatores de origem antrópica. Genericamente, os primeiros fatores encarregam-se, através da energia despendida pelas forças presentes na natureza como água da chuva, intensidade solar e energia eólica, de atuarem no desenvolvimento do solo. Mesmo que em uma primeira etapa ocorram mecanismos de desagregação, estes processos irão constituir fases da *erosão natural*, ou seja, após uma rocha sofrer desagregação, o material residual, irá compor através da agregação ou sedimentação de partículas, as modalidades de solo que vão surgindo de acordo com a definição de cada perfil. Os perfis por sua vez, se formam à medida que, os processos de pedogênese definem a composição dos horizontes com as características peculiares a cada grupo de solo.

Observando o fato do processo erosivo iniciar-se a partir do desgaste do solo Kirkby (1984) ao definir a erosão propôs: "a erosão é a remoção do solo pela ação do vento e da água".

É bem verdade, que para as etapas de formação do solo ocorrerem, vários mecanismos irão atuar de maneira harmoniosa e sincronizada. Por mais estranho que possa parecer a *erosão natural* irá constituir uma das primeiras etapas de formação do solo, enquanto a *erosão acelerada* irá compor as etapas de destruição do mesmo.

A *erosão acelerada* se deve segundo Evans (1980) a remoção do solo a uma taxa maior que a de sua formação, esta remoção é atribuída principalmente às atividades desenvolvidas

---

<sup>1</sup> Na Amazônia pequenos tributários como o Leão, são conhecidos regionalmente por igarapés.

<sup>2</sup> Discente do PPGG /Doutorado UFRJ



---

pelo homem, daí advir a idéia de que a *erosão acelerada*, também conhecida por *erosão antrópica*, é uma modalidade de erosão que atua diretamente na modificação profunda das camadas dos solos, de forma intensa em curtos intervalos de tempo.

A respeito desta categoria de erosão Ferri (1973), cita que em 1939 Bennett estudando formas erosivas nas regiões norte-americanas calculou que no decorrer de 150 anos, a erosão acelerada naquele país havia eliminado nada mais nada menos do que 313 milhões de hectares de terras cultiváveis. A gravidade deste fato era que em um só dia, a erosão estendia-se sobre 600 ha aproximadamente, 120 dos quais eram terras cultivadas, ou seja, 210.000 ha/ano. A *erosão acelerada* é mais perceptível nas regiões intertropicais, onde os solos são mais vulneráveis à ação intempérica e onde não ocorrem políticas de conservação e controle de uso do solo.

Um dos mais flagrantes exemplos da degradação do solo são as voçorocas. Essa ação erosiva define graus de impacto no ambiente, que demandam elevados custos e investimentos para seu controle. Para se ter idéia do fato, o Departamento de Águas e Energia Elétrica, cadastrou somente para o estado de São Paulo 3.000 voçorocas em 1990, as quais consumiriam para sua estabilização 20% do orçamento do Estado.

Segundo Brawn (1961), a voçoroca é uma “erosão que se inicia por qualquer depressão do terreno, onde as águas de enxurrada, em função do volume e da velocidade possuem grande força erosiva. De um modo generalizado, Setzer (1942) ressalta que “esta forma de erosão é de fácil ocorrência em terreno pouco acidentado, arenoso, ácido, de cor clara e vegetação natural pobre”. Este tipo de erosão vem atingindo os mais diversos locais da terra, não só nos países subdesenvolvidos como nos desenvolvidos; Guerra (1996), cita que nos últimos anos a erosão tem assumido proporções alarmantes na Grã Bretanha, Bélgica e Alemanha. Com o objetivo de compreender o mecanismo dos fenômenos erosivos, Foster (1990) identificou como processos fundamentais da erosão: o *desprendimento* provocado pelo fluxo, o *transporte* devido ao impacto da gota de chuva e o *depósito* pelo fluxo. Os processos de desprendimento removem as partículas de solo produzindo sedimentos em massa, enquanto os processos de transporte deslocam sedimentos de seu ponto de origem. O desprendimento adiciona sedimentos à carga de material transportada, enquanto o depósito remove compostos da carga de sedimentos e acrescenta-os à massa do solo.



## **Objetivos**

O objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo de impactos ambientais na Bacia da Cachoeira do Leão, enfatizando aspectos relativos à degradação dos solos na área. Neste sentido, procura investigar através da abordagem *solo-topografia-substrato geológico*, os fatores responsáveis pela incidência de incisões erosivas neste ambiente. Visa ainda através de uma análise interativa, conhecer de modo específico o comportamento das propriedades físicas e químicas do solo, na área da bacia, verificando de que forma estas propriedades influenciam o processo de erosão, quando associadas às atividades humanas.

## **Localização e delimitação da Área de Estudos**

Para a realização de estudos e levantamentos foi delimitada uma bacia hidrográfica situada na porção central da Amazônia, denominada Cachoeira do Leão. Esta bacia localiza-se no estado do Amazonas, norte do Brasil, entre as seguintes coordenadas geográficas:  $-2^{\circ}45'$  e  $-3^{\circ}45'$  de latitude sul e  $59^{\circ}45'$  e  $60^{\circ}15'$  de longitude oeste. Com uma área de 10.300 ha, a bacia do Leão encontra-se distante da zona urbana de Manaus, cerca de 37 Km. O perímetro de 61.900 m da referida bacia hidrográfica apresenta-se sob forma elipsoidal, com eixo de direção de drenagem NE-SO. A maior parte de seu curso hidrográfico, está situado entre as rodovias AM-010 (Manaus-Itacoatiara) e BR-174 (Manaus-Boa Vista), correspondendo à faixa de terras intermediárias, entre Manaus e estas localidades. Embora muito impactado o setor médio da bacia, possui uma pequena Cachoeira com desnível de quatro metros, entalhada sobre formações sedimentares do Arenito Manaus, em forma de pequenos lajedos. O rio do Leão nasce em zonas delimitadas pelo contato entre superfícies pediplanizadas de NE, e a faixa de depressão central da Amazônia. Após percorrer 25 km aproximadamente, deságua no Igarapé do Tarumã-Açu, tributário da margem direita do Rio Negro. Este último ao encontrar-se com o Solimões forma o caudaloso Amazonas (figura 1).

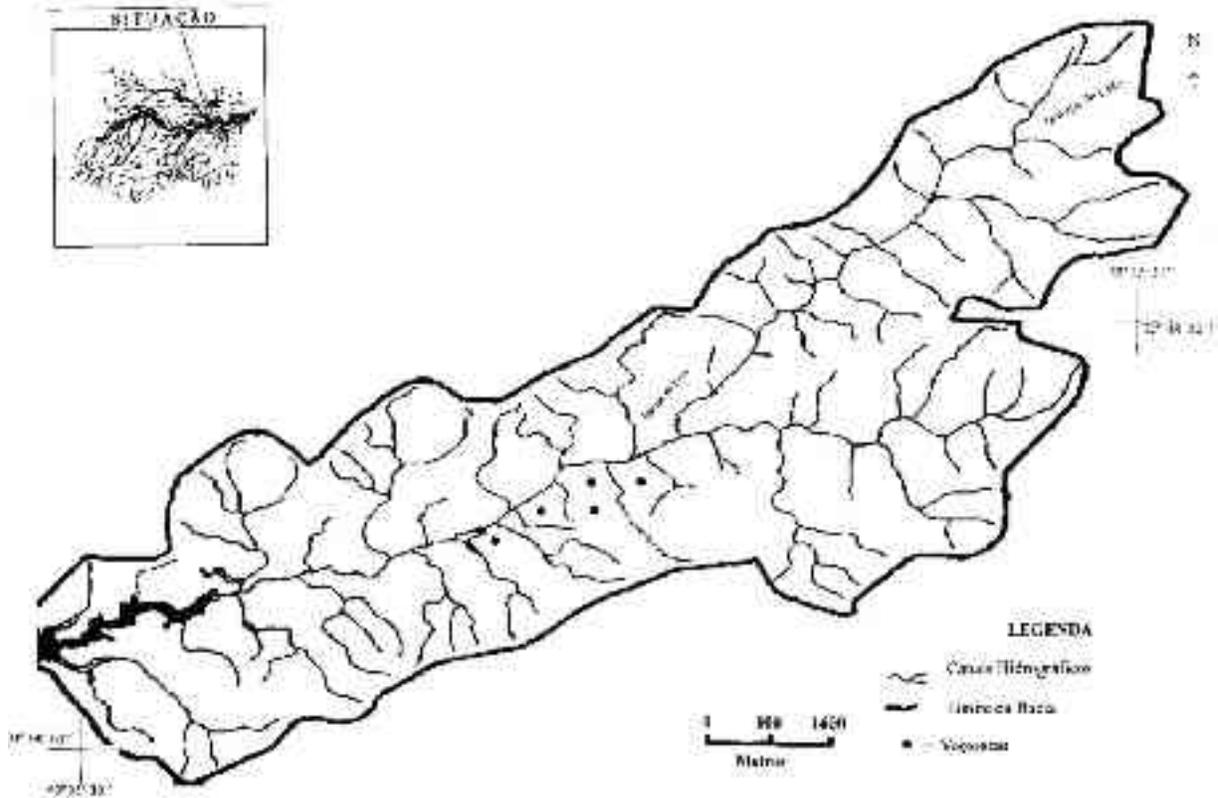


figura 1. Bacia Hidrográfica da Cachoeira do Leão.

### Metodologia

No curso médio da Bacia, área mais impactada, foram realizadas coletas de amostras de solo, em perfis selecionados seguindo os critérios propostos no manual de solos da Embrapa, obedecendo aos parâmetros como cor, consistência, localização e descontinuidade de material. Onde foram constatadas a presença de voçorocas, ravinas e *piping* situadas desde a margem até a distância de aproximadamente 500 m do canal. As informações pertinentes à Geomorfologia local foram obtidas através da condução de trabalhos de campo e revisão de literatura específica; nesta fase foram utilizadas fotografias aéreas do Serviço Aerofotogramétrico do Exército, na escala de 1: 60.000, folha Manaus/ RADAM-BRASIL na escala de 1: 1.000.000, mapa de reconhecimento de média intensidade dos solos, na escala de 1: 200.000 do IPEAN - Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte; mapa de aptidão das terras agrícolas do Estado do Amazonas / Ministério da Agricultura 1980; Carta topográfica escala 1: 50.000/ ministério do Exército; planta de loteamento da área 1:50:000 do INCRA.



Para verificar as incisões erosivas locais foram trabalhados os procedimentos propostos por Guerra (1996). Nesta metodologia, as voçorocas da região de estudo foram balizadas de 10 em 10m retirando-se três medidas com o auxílio da trena e direção pela bússola Brunton, verificando-se a zona superior, zona de base e profundidade das incisões. As medições foram plotadas em ficha modelo desenvolvida pela Secretaria de Energia e Saneamento de São Paulo em três momentos distintos Julho de 1996, Julho de 1997 e Agosto de 1998, estes períodos foram delimitados obedecendo ao período inicial do recesso de chuvas na região.

Foram coletadas amostras de solo no topo, vertente e fundo nas superfícies colinosas com o trado até 1.30 m conforme método proposto pela EMBRAPA (manual de coleta de solos). As amostras para densidade aparente foram obtidas com o anel de Kopeck e volume de 100cm<sup>3</sup>. Durante as fases de trabalho de laboratório, para a análise de textura dos solos da Bacia do Leão, foi utilizado o método da Pipeta. Este método consiste em pesar-se 20 gramas de TFSA dispersada em 10 ml de NaOH; a suspensão é passada em peneira de 0,05 ou 0,02mm de malha, recebendo líquido em proveta de sedimentação e lavando-se o material retido até completar todo o volume da proveta de 1000 ml que é posteriormente agitado. Após 8 horas de descanso das amostras a pipeta é introduzida a 10 cm de profundidade, para a coleta de 20ml, limite da solução onde se concentram as argilas. Após a secagem em estufa é possível saber o teor de argila da amostra. A areia total retida na peneira depois de seca é passada em novo jogo de tamis, fracionadas de acordo com a escala da Sociedade Internacional de Ciência do Solo para o conhecimento do total de areias finas e grossas. Para o cálculo de densidade aparente foram utilizadas 20g de TFSA, colocada em cápsula de alumínio com peso conhecido.

## **Resultados**

### **Análise dos Parâmetros relacionados aos fatores material de origem, cobertura pedológica e topografia.**

Os aspectos relacionados aos fatores *material de origem, cobertura pedológica e topografia* constituíram o eixo de direcionamento das análises. Neste sentido, esta linha de abordagem possibilitou a compreensão dos processos erosivos na Bacia, através de uma visão interativa dos três elementos. Com base nestes critérios, a representatividade das toposequências estudadas, forneceu subsídios para a execução de levantamentos detalhados dos grupos de solo presentes na área, seguindo a localização geográfica destes grupos na



compartimentação do relevo. Além destes aspectos, foram consideradas as características das propriedades físicas dos solos da região e sua relação com o processo erosivo.

### **Material de Origem dos Solos**

Reconhecimentos nas áreas limites da Bacia, permitiram verificar que a área está inserida na região geológica denominada Médio Amazonas. Como unidade representativa desta localidade encontramos a Formação Alter do Chão, configurando-se como uma superfície de deposição processada desde o Cretáceo até o Plioceno; constituída por sedimentos vermelhos sob forma de argilas, siltes, arenitos e conglomerados. De tonalidade bastante clara, os arenitos variam sua textura de fino a conglomeráticos, de forma geral apresentam estratificações cruzadas. Distribuem-se pela sub-bacia do Médio Amazonas formando relevo de suaves elevações, constituindo as chamadas "terras firmes da Amazônia" com altimetria de 20 a 30 m acima do nível do mar, muito bem drenadas. Como parte Formação Alter do Chão, aparece o Arenito Manaus de idade Cretáceo Mioceno. Este arenito encontra-se em formas de lajedos, ora apresenta-se no topo das superfícies, ora está encoberto por vastas porções de material argilo-arenoso bastante intemperizado, constituindo em alguns casos a parte basal de latossolos. (RADAM, 1978; p.75). Sobre a formação do Arenito Manaus, a bacia da Cachoeira do Leão entalha sua rede de drenagem. O leito deste rio, bastante arenoso, revela exposições do arenito em desníveis médios, sob a forma de degraus de 2 a 4 m, formando pequenos trechos encachoeirados. Nas margens está disposto em forma de camadas horizontais, maciças e endurecidas, compostas por grãos de quartzo mal selecionados de granulação desde fina a grosseira. O topo destes afloramentos é de cerca de 10 m de largura, como se fossem lajes horizontalizadas. Processos erosivos anteriores determinaram o aparecimento de *boulders* no leito do rio com tonalidades que vão desde o branco amarelado até o vermelho escuro.

A rede hidrográfica da Bacia do Leão apresenta padrão de drenagem orientado pela tectônica. O aspecto subparalelo origina-se do tectonismo local, resultado de uma faixa de subsidência de falhas e fraturas, que se iniciou através de um regime de fossas desde o Mioceno até o Plioceno. Os levantamentos sobre a recomposição da rede em carta topográfica, indicaram a formação de 76 canais de primeira ordem do tipo intermitentes, com tamanhos



médios variando de 4 e 6 km. Estes pequenos cursos estão dispostos de modo semi-centrípeto, tendo em vista a suavidade das formas, de modo a convergir para a zona central da bacia, onde o rio principal apresenta drenagem do tipo semiparalela.

### **Cobertura Pedológica**

As análises sobre os solos da área de pesquisa foram estabelecidas com base nos seguintes parâmetros: reconhecimentos de campo, utilização de referências pedológicas realizadas pelo Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuárias do Norte (IPEAN), importância do material de origem - no caso Formação Alter do Chão - originada a partir de sedimentos do Terciário com superfície basal formada pelo Arenito Manaus. O conhecimento destes aspectos, possibilitou a confecção de perfis em toposequências e a verificação de que a área compreendida ao longo da Bacia do Leão apresenta as seguintes modalidades de grupos de solos - Solos com B latossólico: Latossolo Amarelo textura argilosa; Latossolo Amarelo textura arenosa; Areias Quartzosas e Hidromórficos Indiscriminados.

### **Unidades Geomórficas identificadas nos limites da bacia**

Análises permitiram-nos verificar que a Bacia do Leão está inserida na porção correspondente a zona de transição entre os Planaltos Residuais do Rio Negro e a Planície Interiorana, constituindo a chamada Depressão Central da Amazônia. A feição geomorfológica predominante na área é de relevos com altitude máxima de 100m (carta 1:50.000 / Ministério do Exército), representados pelos interflúvios tabulares, com grande dimensão de topo, vales de fundos largos e extensos com fraco grau de aprofundamento. Nestes locais são raras as áreas de planícies sedimentares. Este aspecto explica-se pelo fato do Igarapé do Leão, se constituir em uma microbacia situada na margem esquerda da bacia amazônica, não produtora de quantidades suficientes de sedimentos a ponto de formar grandes depósitos fluvio-lacustres como o Juruá, Madeira e Purus que se localizam na margem direita. Talhadas sobre a Formação Alter do Chão, as baixas colinas que se apresentam na área são constituídas de material argilo-arenoso, evidenciando vastos grupos de latossolos com perfis bastante profundos, cujo material de origem corresponde ao Arenito Manaus. A associação entre os



rebaixamentos denudacionais neogênicos e a subsidência moderada dos fins do Terciário, concomitante às impetuosas fases de erosão nas áreas de escudos adjacentes, permitem compreender a origem de alta concentração de sedimentos que se entulhou no vale amazônico, formando os depósitos da Formação acima citada. O aspecto geomorfológico dos tabuleiros existentes na bacia estende-se praticamente por toda a região de Manaus, dentro da faixa de depressão que se estabelece entre superfícies planas erodidas que se direcionam ao norte para os planaltos residuais, e a planície interiorana ao sul. Mesmo considerando que esta é uma área de depressão, nota-se que os desmatamentos no local, ocasionados por queimadas e derrubadas para limpeza dos terrenos, possibilitam a visão de amplos terraços, que apresentam desníveis nas superfícies das vertentes causados não somente pela topografia, como pelos processos intensos de aparecimento ravinhas e voçorocas. As áreas de transição entre os terraços e os vales apresentam profundidades superiores a 15m, no fundo se observa vasta quantidade de material arenoso, sobrevivendo da atuação erosiva, *run off*. Embora intensamente dissecados, os baixos platôs não formam superfícies em forma de cristas; o desnível entre estes e as zonas mais baixas sempre ocorre gradualmente sob formas escalonadas, e eventualmente de modo abrupto. No campo, uma visão mais próxima das vertentes das colinas tabuliformes - suavizadas - as quais constituem a topografia mais comum da região pesquisada, revelou formas de vertentes ligeiramente convexas em encostas mantidas por siltitos, argilitos e arenitos.

Os levantamentos sobre o relevo da Bacia do Igarapé do Leão, possibilitaram enunciar as seguintes formas: *Baixas Platôs (Topo Conservados e Topo Dissecados)*, *Vertentes Convexas*, *Vales e Zonas de Deposição Arenosa*.

### **Uso do Solo e Formas Erosivas**

A maior parte dos trabalhos sobre erosão ressaltam a importância da declividade não só como fator controlador do processo erosivo, mas como elemento de compartimentação do relevo condicionador da localização dos solos; concluindo que a maior atuação da erosão seriam nas vertentes de forte inclinação onde se formam os solos podzólicos pela iluviação de material argiloso. Nesta linha de análise, os latossolos por sua vez, apresentam suscetibilidade



à erosão menor, já que estão situados em zonas mais estáveis. Todavia este não é o caso da área pesquisada. Situada em superfícies de baixos platôs tabulares, a Bacia do Leão não é uma localidade marcada por relevo muito movimentado, as condições de declividade são modestas, e o comprimento curto das encostas, não oferece condições para a formação de podzólicos; entretanto, esta região apresenta forte suscetibilidade à erosão definida por parâmetros como a textura do solo e o material de origem, como veremos a seguir.

No que se refere a evolução das formas erosivas é permissível afirmar, através de entrevistas realizadas durante os levantamentos de campo, e posteriormente por interpretação de fotos aéreas, que até 1970 não existiam incisões do tipo voçoroca no local. As investigações e os acompanhamentos sobre a evolução destas formas erosivas aconteceram nos três levantamentos realizados em julho de 1996 a julho de 1999. Todas as voçorocas foram registradas em ficha modelo. No primeiro levantamento foram cadastradas, apenas duas voçorocas localizadas a 500m da margem do rio. No segundo ocorreu o aparecimento de mais uma voçoroca localizada em um ponto cuja proximidade da margem é de 300m. No terceiro, foram cadastradas mais duas pequenas voçorocas de localizadas à uma distância da margem, menor que 100m. Os levantamentos de campo nos permitiram verificar que as incisões na Bacia do Leão originam-se por fluxo concentrado de águas superficiais, em drenagem induzidas por estradas de terras, trilhas, manejo inadequado do solo e construção de cercas. As primeiras voçorocas registradas nas fichas se localizam nas bordas dos baixos platôs terciários que recobrem a área, associando-se o fato, ao predomínio de solos com textura argilosa ou média. Após o cadastro, foi realizado o levantamento dos dados geométricos, com o auxílio da trena e bússola. Neste aspecto foram monitorados o comprimento, a largura, a profundidade e a inclinação dos ramos laterais da incisão. Aos registros foram adicionadas características pedológicas de cada perfil. Foram observadas ainda as formas indicadoras do fenômeno erosivo, relacionadas à dinâmica de evolução das voçorocas. Tais formas são representadas por abatimentos dos taludes da voçoroca, originados por fatores como escoamento de fluxos de água superficial, escoamento de fluxo subsuperficial (*seepage erosion*) desenvolvimento de fendas laterais.



Segundo Oliveira e Meiss (1985) as voçorocas podem ser agrupadas em três formas principais que são: *formas conectadas à rede regional de canais, formas desconectadas e que ocorrem em cabeceiras de drenagem e formas resultantes da junção das duas anteriores.* Na Bacia do Leão, ocorrem os tipos descritos com predominância para incisões erosivas que ocupam as faixas de cabeceiras de drenagem. Com base na compartimentação geomorfológica da área e recorrendo-se à análise sobre textura do solo, observou-se que a zona ocupada por tais formas erosivas caracteriza-se por colinas médias e amplas, com topos notavelmente aplainados e de grande extensão, em que predominam latossolos de textura média e leve e em menores proporções areias quartzosas.

A faixa preferencial de localização das incisões é justamente a transição entre as baixas colinas - que servem de divisores da bacia e onde as estradas são implantadas - e os fundos dos vales. Com base neste parâmetro e reunindo aspectos relativos ao substrato rochoso, cobertura pedológica e topografia, foi realizada a classificação das áreas sujeitas à ação erosiva da seguinte forma:

*a. Áreas de risco nulo* - áreas de relevo praticamente plano, localizadas em superfícies sob forma de esplanadas. Apresentam textura argilosa, e cobertura vegetal densa.

*b. Áreas de risco moderado* - faixa de borda de platô com topos extensos, cuja formação pedológica está relacionada a solos com textura argilosa a média. Geralmente constituem as faixas laterais das estradas. A ação erosiva quando atua de forma intensa, altera a feição do relevo transformando superfícies planas em superfícies ravinadas em forma de cristas. Podem apresentar risco nulo, desde que sejam mantidas as condições originais da vegetação.

*c. Áreas de risco elevado* - superfícies de encostas onde ocorre a transição entre os platôs e os fundos de vale, as encostas não apresentam comprimentos longos. Predominam nestes locais solos de textura média a leve arenosa. Ocorrem nesta faixa de relevo, desmoronamentos e abertura de dutos. Quando o processo erosivo está em níveis elevados, nota-se superfícies de transição entre a cobertura pedológica e o material de origem em forma de arenitos. Há neste compartimento topográfico a transição de solos argilosos para solos mais arenosos.



## **Análise das condições de Erodibilidade**

Dentre as propriedades físicas apresentadas pelos solos da Bacia, a textura foi a que apresentou correlação direta com a erodibilidade. Os resultados encontrados indicaram que os solos da área, estão constituídos em sua maior parte por frações de areia; este aspecto foi verificado em todas as seqüências pedológicas elaboradas à partir dos perfis levantados. Serão apresentadas a seguir a classificação textural dos horizontes diagnósticos levantados em campo e as análises destas amostras. O objetivo desta forma de apresentação é investigar a correlação existente entre a classe textural e a tendência a erodibilidade, obedecendo aos critérios que considerem a localização dos perfis inseridos nas unidades de relevo identificadas.

### a) Unidade I *Zona de Platô (topo)*

A seção nº 1 é composta pelo estudo de dois perfis. O primeiro foi trabalhado em zona de platô, sob floresta com cobertura vegetal alterada, entretanto em considerável estado de expressão, ou seja, uma área que ainda apresentava árvores com estratos em torno de 40m de altura. A análise das condições texturais destes platôs indicou composição granulométrica do tipo argilosa em níveis de 70% (tabela 1). O Horizonte Bw destes solos, é bastante espesso chegando a apresentar mais de 2m de espessura, neste perfil a argila apresentou valores elevados. O segundo foi realizado em topo de platô, com cobertura vegetal totalmente alterada. A ocorrência desta unidade de mapeamento sempre se dá em terraços de 25 m de altura; embora o horizonte B deste grupo de solos seja de espessura acentuada, o horizonte superficial encontra-se sob espessuras que raramente ultrapassam 20 cm. Com o desenvolvimento do perfil tornam-se compactados, os limites são difusos fato que dificulta sua diferenciação no campo, o grau de consistência neste solo mesmo quando úmido não apresenta condições de resistência acentuada.

### b) Unidade II - *Zona de Transição*

Esta denominação corresponde às faixas intermediárias que existem entre os topos dos platôs e os fundos de vale, por conseguinte apresentam-se como zonas de transição geomorfológica-pedológica ocorrente entre estas duas unidades. Esta faixa transicional, se expressa através de superfícies escalonadas, que descem gradativamente até a jusante destes vales. Entre os dois pólos considerados - *platôs e fundos de vale* - observamos uma cobertura pedológica distinta, definida pelo contato com o material de origem da Unidade, este aspecto é marcado pela transição de uma zona argilosa e uma arenosa. Constituem assim extensas áreas de transição



entre latossolos e podzóis, por intermédios dos podzólicos. Estes podzóis podem se desenvolver às expensas dos latossolos, classificados por (Shubart, 1977) como “sandy bleached brown loam” ou “eluviated brown loam”. As análises granulométricas determinaram para esta faixa, solos de textura arenosa, contendo teores de areia fina, associando-se aos teores de areia grossa que variaram, enquanto as maiores taxas de argilas apresentaram baixos valores (tabela 2). Estes teores são definidos em decorrência do material parental ser de origem arenosa, (Lucas *et alii*, 1984) atribuem sua gênese à sedimentos fluviais O horizonte A nesta unidade é praticamente ausente em todos os perfis, levado pela lixiviação do material de superficial.

A superfície é fracamente inclinada em direção ao eixo de drenagem, terminando por uma vertente curta de declividade forte. Desde a borda dos platôs prosseguindo até a cabeceiras dos vales, ocorrem afloramentos de arenitos. A presente formação tem cores que variam entre o vermelho provocado pela oxidação e as argilas esbranquiçadas do tipo caulinita, conforme difração de raio X. Tais argilas são bastante comuns na Amazônia

#### c) Unidade III - *Fundo de Vale*

As superfícies aqui definidas como fundo de vale se caracterizam por aspectos texturais expressivamente arenosos. A ligação destes vales com as encostas é marcado por níveis de alteração entre os podzóis e as areias de fundo, localizadas próximas dos cursos de água.

As deposições arenosas na Amazônia, ocorrem ainda em superfícies localizadas nos topos dos platôs, determinando camadas arenosas de espessura equivalentes a 6 ou 8 metros de pacotes sedimentares, recebem nomenclatura regional de “areais” cuja utilidade econômica é a construção civil. É comum que estes espessos areais fiquem dispostos sobre perfis latossólicos de textura argilosa; em cortes ao longo das estradas que compõem os limites da Bacia. As areias hidromórficas ocorrem nesta faixa como material depositado nos cursos de água associados à matéria orgânica proveniente das cabeceiras.

**Tabela 1. / Dados Granulométricos correspondentes às coletas realizadas em área de cobertura vegetal medianamente alterada/ Topo**

hori- zonte	Profun- didade cm	Areia fina	Areia grossa	Argila	Silte	Densidade Real	Densidade Aparente
		%				g/cm <sup>3</sup>	
topo	0 – 20	4.3	12.9	65.7	17.1	2.40	1.25
topo	0 – 30	8.6	3.1	79.6	8.7	2.64	1.23
topo	30 - 60	2.3	5.8	79.0	12.9	2.50	1.23
topo	60 - 1.50	2.6	5.7	84.6	7.1	2.60	1.12



topo	> 1.50	2.1	5.2	84.2	8.5	2.60	1.09
------	--------	-----	-----	------	-----	------	------

As análises realizadas nas áreas correspondentes aos topos dos platôs apontaram concentrações de argila. A vegetação correspondente é a mata medianamente alterada com intercalações de “capoeirões” nestes solos são ausentes indícios de erosão.

Tab. 2 Dados Granulométricos correspondentes à seção: Topo/Vertente

Hori- zonte	Profun- didade	Areia fina	Areia grossa	%		Densidade aparente	Densidade real
				Argila	Silte		
1 ha	0 - 20	23.45	59.60	1.0	15.95	1,64	2,59
1 hb	20 - 1.50	25.35	57.67	1.01	15,97	1,95	2,56
2 ha	0 - 20	23.13	60.25	4.04	12.58	1,67	2,53
2 hb	20 - 1.50	30.25	47.42	11.11	11.22	1,82	2,59
3ha	0 - 30	24.70	57.55	10.0	7.75	1,84	2,63
3hb	30 - 1.50	19.39	65.60	8.08	6.93	1,74	2,53
4 ha	0 - 20	24.85	62.87	10.1	2.18	1,73	2,59
4 hb	20 - 1.50	20.40	62.87	10.10	6.63	1,31	2,63
5 ha	0 - 20	24.69	63.09	9.02	3.20	1,59	2,53
5 hb	20 - 1.50	24.20	61.15	8.0	6.65	0,83	2,56
6ha	0 - 20	21.90	68.30	7.0	2.80	1,60	2,66
6 hb	20 - 1.50	23.75	68.30	6.0	1.95	1,66	2,53
7 há	0 - 20	19.26	68.19	7.21	5.34	1,42	2,66
7 hb	20 - 1.50	18.01	68.14	8.0	5.85	1,52	2,56

As análises realizadas em 14 amostras coletadas ao longo das voçorocas permitiram o diagnóstico de solos de classes texturais arenosa e franco arenosa. Os teores de areia variaram para areias finas com 18.01 a 30.25 % e 47.42 a 68.30 % para areias grossas enquanto a argila manteve-se em níveis baixos. A densidade real apresentou-se em torno de 2,59 a 2,63 respectivamente; estas amostragens definem perfis bastante arenosos.

Dados desta natureza permitem o entendimento de que um dos condicionadores do processo erosivo é o material de origem. O uso inadequado do solo, a exposição do mesmo ao elevado índice de chuvas, que nesta área é de 2.500mm/ano, a retirada constante da cobertura vegetal pela ação das queimadas e as práticas de cultivo perniciosas contribuem para diminuir a tolerância do solo à erosão. Caracterizam também as transições entre latossolos e podzóis, onde os valores de argila decrescem à medida que ocorre o afastamento das zonas de topo dos platôs, ao longo das encostas.

### Conclusões

A atuação de processo hídrico superficial do tipo *runoff*, tem contribuído para o aparecimento de lençóis arenosos nos primeiros horizontes do solo. A exposição dos demais



horizontes tem gerado o aparecimento de sulcos erosivos em forma de ravinas e consequentemente de voçorocas. Possibilidades de alterações climáticas terem ocorrido na Amazônia, podem ter influência no aparecimento de manchas arenosas na área do Bacia. Conforme Chauvel (1993), sob um clima bastante seco, a alteração da rocha-mãe leva à formação de alguns tipos de argilas, como as esmectitas. Sob um clima mais úmido as argilas formadas são diferentes como as caulinitas. Na difração de raio X, nas argilas coletadas na Bacia, houve predomínio de caulinita, detectado por pico de  $7,2\text{Å}^0$ . A esmectita foi reconhecida pelo espaçamento de  $14\text{ Å}$  que se expandiu para  $18\text{ Å}^0$  com a glicolação. As análises de fotointerpretação em imagens de landsat associados a aplicação de critérios metodológicos de campo, possibilitam a afirmativa de que o processo de arenização dos solos da bacia decorre dos seguintes aspectos:

a) Existem na área de pesquisa dois pólos pedológicos fortemente diferenciados. Um é bastante argiloso, onde predominam teores de argila em torno de 90 % até 20 cm de profundidade, de cor amarelo-avermelhado (5YR 5/8), associados às formações vegetais típicas da Amazônia; cujo aspecto é marcado por alta diversidade conhecidas como florestas de terra firme. Apresentam-se como superfícies estáveis aos processos erosivos, desde que mantidas as condições originais de cobertura vegetal. O segundo pólo se destaca por superfícies de areia branca, alcançando vários metros de espessura associados às formações vegetais baixas e abertas. Em alguns locais da Bacia marcam zonas de transição entre os latossolos e o podzóis.

b) O aparecimento de manchas de areia branca está associada aos membros arenosos da Formação Alter do Chão, que devido a complexidade litológica de seus sedimentos - lacustres, fluviais e flúvios-lacustres - pode expor areias em alguns tabuleiros e interflúvios.

c) O substrato arenítico da referida formação não apresenta aspecto consolidado. A cobertura alterada, resultante da atuação de atividades antrópicas, além de não oferecer níveis de proteção favorável a proteção do solo, permite a intensificação do processo de escoamento concentrado, característico dos clima úmido atual. De acordo com as citações de Suertegaray (1996), os areais seriam resultados da atuação de processos de clima úmido retrabalhando formações superficiais características de clima semi-árido ou semi-úmido de um passado recente. Este aspecto favorece a fragilidade do sistema pedológico permitindo o afloramento



desse material. Estudos indicam que os areais na Amazônia datam do Pleistoceno Médio Superior entre 50.000 e 110.000 anos (Prance,1982).

d) A montante das baixas colinas configuradas como limites da bacia do Igarapé do Leão, predominam latossolos com textura argilosa a partir de 30cm de profundidade. As quantidades de argila diminuem gradativamente para a jusante destas colinas. Desse modo, nas áreas definidas como topo dos baixos platôs, os teores de argila passam de 90 % a 2m de profundidade para 5% no conjunto do perfil a jusante. Esse empobrecimento dos níveis argilosos evidencia-se não apenas na parte superior como na parte inferior dos perfis observados ao longo das encostas. Neste momento o material arenoso espraia-se por toda a vertente, acentuando-se através da alteração de tonalidades amarelo-avermelhada para areias claras na direção dos fundos de vale. De acordo com a intensidade do processo erosivo, percebe-se algumas vezes o afloramento de rochas sedimentares areníticas.

e) A dinâmica geomorfológica da área aponta correlações existentes entre o desenvolvimento de teores de areias nas faixas de transição entre os topos e os vales, como resultado de transportes de materiais pelo escoamento superficial e processos de neoformação.

### **Referências Bibliográficas:**

BOLETIM TÉCNICO - **Levantamento de solos do IPEAAOC, Manaus;** 1972 e 1973

BRAWN, W. A. G. **Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle.** Rev. Bras. de Geogr. Rio de Janeiro, 23: 591-642, 1961.

CHAUVEL, A. LUCAS, Y. SOUBIÉS, F. **Estudos dos solos revelam alterações climáticas na Amazônia.** Revista Ciência Hoje. Vol. 16/1993.

**Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE).** Controle da Erosão : bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de voçorocas urbanas. São Paulo, DAEE/IPT, 1990, 92p.

FERRI, M. G. organizador **Antes que a Natureza Morra/** J. Dorst. trad. Rita Buongermino. São Paulo. Edgard Blucher, 1973.

FOSTER, G. R. **Process based modeling of soil erosion by water on agricultural land.** University of Minesota. (1990)



- 
- EVANS, R. (1980) **Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint.** In *Soil erosion*. Editores M. J. Kirkby e R. P. C. Morgan, 109-128.
- GUERRA, A. J.(1996). **Processos Erosivos nas Encostas, in Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/** org. Antonio J. T. Guerra e Sandra B. Cunha - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**, Ed. Ceres. São Paulo, 1979.
- KIRKBY, M. J. & MORGAN, R. P.C. **Erosion de Suelos**. Ed. LIMUSA, S.A. Versão autorizada em espanhol Jose Hurtado. Vega. México, 1984.
- LEMOS, R.C. & SANTOS,R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**.2 ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.45 (1982).
- LUCAS;Y. CHAUVEL;A. BOULET; RANZANI;G. **Transição “latossolo-podzol” sobre formação Barreiras na região de Manaus. Amazônia.** Comissão V Gênese, morfologia e classificação do solo. In. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8: 325-335. 1984
- OLIVEIRA, M. A. T. & MEISS, M. R. **Relações entre Geometria do Relevo e Formas de Erosão Linear Acelerada (Bananal, SP)**; Geociências, São Paulo, 1985.
- PRANCE, G. **Paleoclima e Paleoecologia da Amazônia Brasileira. Estudo Introdotório.** Biological Diversification in the Tropece. Nova Yorque. Columbia University Press.1982.
- RADAMBRASIL.** Folha S. C. 19 / Rio Branco. Rio de Janeiro. 1979.
- SETZER, J. **O estado atual dos solos no Município de Campinas.**R.Bras.Geogr.Rio de Janeiro,4: 39-63,1942.
- SUERTEGARAY;D. M. A. **Desertificação e Desenvolvimento Sustentável in Geomorfologia e Meio Ambiente.** Organização Antonio.J.T. Guerra e Sandra B. Cunha, Bertrand Brasil Rio de Janeiro, 1996.
- SCHUBART, H. **Crítérios Ecológicos Para o Desenvolvimento de Terras Firmes na Amazônia,** SUFRAMA / INPA, Manaus, 1977.